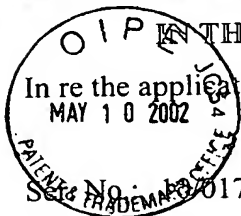


COPIES OF PAPERS  
ORIGINALLY FILED

Practitioner's Docket No.: 782\_206

PATENT



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the application of:

Tomohiko SHIBATA, Keiichiro ASAI,  
Yukinori NAKAMURA and Mitsuhiro TANAKA

Patent No. 7,317,325

Group Art Unit: 2812

Filed: December 14, 2001

Examiner: Not Assigned

Conf. No.: 8198

For: A SEMICONDUCTOR ELEMENT

Box Missing Parts  
Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

I hereby certify that this correspondence is being deposited  
with the United States Postal Service as first class mail  
addressed to Box Missing Parts, Assistant Commissioner  
for Patents, Washington D.C. 20231 on May 3, 2002.

Elizabeth A. VanAntwerp

#### SUBMISSION OF CERTIFIED COPIES OF PRIORITY DOCUMENTS

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the  
following foreign country was requested by applicants on December 14, 2001 for the  
above-identified application:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2000-388,304	December 21, 2000
Japan	2001-266,928	September 4, 2001

In support of this claim, certified copies of the Japanese Applications are enclosed  
herewith.

Respectfully submitted,

May 3, 2002  
Date

Stephen P. Burr  
Reg. No. 32,970

SPB/eav

BURR & BROWN  
P.O. Box 7068  
Syracuse, NY 13261-7068

Customer No.: 25191  
Telephone: (315) 233-8300  
Facsimile: (315) 233-8320



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年12月21日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-388304

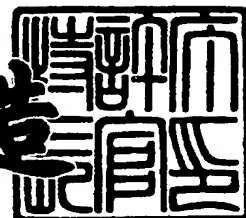
出 願 人  
Applicant(s):

日本碍子株式会社

2001年12月 7日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3106635

【書類名】 特許願

【整理番号】 00P00682

【提出日】 平成12年12月21日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 21/20

【発明の名称】 半導体素子

【請求項の数】 12

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

【氏名】 柴田 智彦

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

【氏名】 中村 幸則

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

【氏名】 田中 光浩

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

【氏名】 浅井 圭一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000004064

【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】

【識別番号】 100072051

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 興作

【選任した代理人】

【識別番号】 100059258

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 暁秀

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 074997

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703804

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、この基板上において、A 1 を含み、X 線ロッキングカーブにおける半値幅が 9 0 秒以下の第 1 の窒化物半導体からなる下地層と、この下地層上において、Ga を含む第 2 の窒化物半導体からなるバッファ層と、このバッファ層上において、Ga を含む第 3 の窒化物半導体からなる半導体層とを具え、前記バッファ層を構成する前記第 2 の窒化物半導体における A 1 含有量が、前記下地層を構成する前記第 1 の窒化物半導体における A 1 含有量よりも小さいことを特徴とする、半導体素子。

【請求項 2】 前記バッファ層を構成する前記第 2 の窒化物半導体における Ga 含有量が、前記半導体層を構成する前記第 3 の窒化物半導体における Ga 含有量以下であることを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体素子。

【請求項 3】 前記下地層を構成する前記第 1 の窒化物半導体における A 1 含有量が、5 0 原子%以上であることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の半導体素子。

【請求項 4】 前記下地層を構成する前記第 1 の窒化物半導体は、A 1 N であることを特徴とする、請求項 3 に記載の半導体素子。

【請求項 5】 前記下地層は、MOCVD 法により 1 1 0 0 °C 以上の温度で形成されたことを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の半導体素子。

【請求項 6】 前記下地層は、MOCVD 法により 1 1 0 0 °C ~ 1 2 5 0 °C の温度で形成されたことを特徴とする、請求項 5 に記載の半導体素子。

【請求項 7】 前記下地層の厚さが、0. 5 ~ 1 0 0 0 μm であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一に記載の半導体素子。

【請求項 8】 前記バッファ層の厚さが、0. 0 0 2 ~ 0. 5 μm であることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれか一に記載の半導体素子。

【請求項 9】 前記下地層を構成する前記第 1 の窒化物半導体中の A 1 含有量が、前記基板側から前記バッファ層側に向かって連続的又はステップ状に減少していることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか一に記載の半導体素子。

【請求項 1 0】前記半導体層は、G a Nであることを特徴とする、請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の半導体素子。

【請求項 1 1】前記半導体層の X 線ロックアップカーブにおける半値幅が、1 5 0 秒以下であることを特徴とする、請求項 1 ～ 1 0 のいずれかに記載の半導体素子。

【請求項 1 2】請求項 1 ～ 1 1 のいずれかに記載の半導体素子を含えることを特徴とする、フォトニックデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子に関し、詳しくは発光ダイオードなどの半導体発光素子として好適に用いることのできる、半導体素子に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】近年、窒化ガリウム系化合物半導体（以下、略して「G a N 系半導体」という場合がある）は、青色発光デバイスなどにおける発光層を構成する半導体材料として注目を浴びている。前記 G a N 系半導体からなる発光層は、G a 供給原料としてトリメチルガリウムなどを用い、N 供給原料としてアンモニアガスなどを用い、MOCVD 法によりサファイア基板などの上に成膜して、形成することが試みられていた。

【0 0 0 3】しかしながら、このようにして形成した前記 G a N 系半導体からなる前記発光層は、その結晶性及び表面モルフォロジーが極めて悪いために、実際的には青色の光を発光することができないでいた。

【0 0 0 4】かかる問題を解決すべく、特開平 4 - 2 9 7 0 2 3 号公報において、サファイア基板と G a N 系半導体からなる発光層との間に、 $G a_a A l_{1-a} N$  ( $0 < a \leq 1$ ) なる組成の窒化物半導体からなるバッファ層を介在させ、これによって発光層の結晶性及び表面モルフォロジーを改善させる試みがなされている。

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記方法によっても、特に結晶

性に優れた発光層を得ることができず、このため十分な発光効率を有する半導体発光素子を得ることができないでいた。

【0006】本発明は、半導体発光素子などとして好適に使用することのできる、高い結晶性を有するGa系半導体層を具えた半導体素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成すべく、本発明は、基板と、この基板上において、Alを含み、X線ロックアップカーブにおける半値幅が90秒以下の第1の窒化物半導体からなる下地層と、この下地層上において、Al及びGaを含む第2の窒化物半導体からなるバッファ層と、このバッファ層上において、Gaを含む第3の窒化物半導体からなる半導体層とを具え、前記バッファ層を構成する前記第2の窒化物半導体におけるAl含有量が、前記下地層を構成する前記第1の窒化物半導体におけるAl含有量よりも小さいことを特徴とする、半導体素子に関する。

【0008】本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意検討を行った。その結果、基板とGaを含む窒化物半導体、すなわち、GaN系半導体からなる半導体層との間に、特開平4-297023号公報に記載の技術と同様にして、上記要件を満足するバッファ層を設けるとともに、このバッファ層と前記基板との間に、上記要件を満足する下地層を設けることにより、本発明の目的を達成できることを見出した。

【0009】バッファ層は、基板と半導体層との格子定数差を緩和するために、一般には500～700℃の低い温度において、低結晶性の下に形成される。したがって、バッファ層上に目的とする半導体層を形成した場合、このバッファ層の緩衝効果によって、前記半導体層の結晶性はある程度までは改善される。しかしながら、バッファ層自体の結晶性が低いために、目的とする前記半導体層自体もこの低結晶性を引き継ぎ、高い結晶性を得ることができない。

【0010】これに対して、本発明の半導体素子においては、前記バッファ層と前記基板との間に、Alを含む窒化物半導体からなる高結晶性の下地層を介在させている。したがって、上記のようなバッファ層が存在する場合においても、目

的とする半導体層は、この下地層の高い結晶性を引き継いで成長されるため、その結晶性を大きく改善することができる。

【0011】したがって、青色発光素子などとして好適に用いることのできる、結晶性及び表面モルフォロジーに優れたGaN系半導体層を有する半導体素子を提供することができる。

【0012】なお、ここでいう「X線ロックングカーブの半値幅」とは、下地層を構成する第1の窒化物半導体の(002)面からの回折ピークにおける半値幅を意味するものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を発明の実施の形態に即して詳細に説明する。

図1は、本発明の半導体素子の一例を示す断面図である。

図1に示す半導体素子10は、基板1と、この基板1上に第1の窒化物半導体からなる下地層2と、この下地層2上に形成された第2の窒化物半導体からなるバッファ層3と、このバッファ層上に形成された第3の窒化物半導体からなる半導体層4とを含む。

【0014】前記第1の窒化物半導体は、本発明にしたがってAlを有することが必要である。一般には、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$  ( $0 < x \leq 1$ ,  $0 \leq y < 1$ )なる組成式で表すことができる。また、必要に応じてMg、Si、又はBなどの元素を含有することもできる。そして、特に、Alを50原子%以上含有していることが好ましく、さらにはAlの割合が1であってAlNなる組成を有することが好ましい。

【0015】そして、下地層2は高い結晶性を有することが必要であり、そのX線ロックングカーブにおける半値幅が90秒以下であることが要求される。さらに、X線ロックングカーブにおける半値幅が50秒以下の高結晶性を有することが好ましい。現状では、作製条件を制御することによって、X線ロックングカーブにおける半値幅が30秒程度の高結晶性下地層を得ることができる。

【0016】前記第1の窒化物半導体からなる下地層2は、Al供給原料としてトリメチルアルミニウム(TMA)又はトリエチルアルミニウム(TEA)など



を用い、窒素供給原料としてアンモニアなどを用いて、MOCVD法により基板1上に直接製造することができる。また、厚膜化する際には、金属AlあるいはGaを塩化水素系ガスを用いて輸送するHVPE法を組み合わせることもできる。

【0017】そして、その形成温度は1100℃以上であることが好ましく、さらには1100～1250℃であることが好ましい。これによって、高結晶性の下地層を簡易に形成することができる。

【0018】これは、上述したバッファ層を形成する際の温度500～700℃と比べると、はるかに高い温度である。

【0019】なお、下地層2中にGa又はInなどを含有させる場合については、トリメチルガリウム(TMG)又はトリメチルインジウム(TMI)などのGa又はIn供給原料を用い、その所定量を上記TMA及びアンモニアガスなどとともに基板上に供給し、目的とする組成の前記第1の窒化物半導体からなる下地層2を作製する。

【0020】下地層2の厚さは、半導体層4及びバッファ層2の厚さ、並びにこれらの作製条件などに依存して最適な値は変化する。好ましくは、0.01μm以上であり、さらに好ましくは0.5～1000μmであり、特に好ましくは0.8～5μmである。これによって、結晶性に優れた半導体層4を簡易に得ることができる。下地層2は、半導体素子からの発熱の放出を促進させる観点からは厚い方が好ましく、成膜コストなどの観点からは薄い方が好ましい。

【0021】バッファ層3は、Al及びGaを含む第2の窒化物半導体からなることが必要である。その一般式は、 $Al_p Ga_q In_{1-p-q} N$  ( $0 \leq p \leq 1$ ,  $0 < q \leq 1$ ) で表すことができ、必要に応じて上記添加元素を含有することもできる。

【0022】そして、バッファ層としての効果を奏するべく、そのAl含有量は、下地層2を構成する第1の窒化物半導体のAl含有量よりも小さいことが必要であり、さらには、半導体層4を構成する第3の窒化物半導体のGa含有量以下であることが好ましい。

【0023】同様の理由から、バッファ層3の厚さは0.002～0.5μmで

あることが好ましく、さらには0.005~0.1nmであることが好ましい。

【0024】また、下地層2がAlを比較的多く含んだ第1の窒化物半導体、例えば、AlNからなり、半導体層4がGaを比較的多く含んだ第3の窒化物半導体、例えば、GaNからなる場合においては、両者の格子定数差が極めて大きくなってしまう。この場合において、特にバッファ層の厚さが小さいと、その作用効果を十分に発揮することができずに、結晶性並びに表面モルフォロジーに優れた半導体層4を得ることができない場合がある。

【0025】したがって、この場合において、下地層2を構成する第1の窒化物半導体中における組成がその厚さ方向において、連続的又はステップ状に傾斜していることが好ましい。具体的には、Al含有量が基板1からバッファ層3に向かって連続的又はステップ状に減少し、これとは逆に、Ga含有量が基板1からバッファ層3に向かって連続的又はステップ状に増加するようにする。

【0026】半導体層4は、Gaを有し、いわゆるGaN系半導体である第3の窒化物半導体から構成される。この第3の窒化物半導体は、第1の窒化物半導体と同様にAl、In、及び他の添加元素を含むことができるが、GaNなる組成を有することが好ましい。すなわち、半導体層4がGaN半導体層である場合に、バッファ層2及び下地層3を設けることによって、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0027】また、上述したような下地層2及びバッファ層3を設けることにより、X線ロックアップカーブにおける半値幅が200秒以下、さらには150秒以下の、良好な結晶性を有することができる。

【0028】なお、この場合における半値幅についても、半導体層4を構成する第3の窒化物半導体の(002)面からの回折ピークにおける半値幅を意味するものである。

【0029】バッファ層3及び半導体層4は、下地層2の場合と同様にMOCVD法によって作製することができる。

【0030】なお、図1に示す半導体素子10をMOCVD法によって作製する場合、下地層2の成膜と、半導体層4の成膜とを別バッチで行う場合がある。この場合、下地層2は形成後において一旦大気に晒されるため、その表面に薄い酸

化膜が形成される場合がある。

【0031】したがって、半導体層4を形成するバッチにおいて、半導体層4を形成する以前にバッファ層3をキャップ層として形成しておくことにより、上記酸化膜の影響を低減し、半導体層4の結晶性劣化を抑制することができる。この場合において、前記キャップ層の一部あるいは総てをエッチングすることも可能であり、その後においてバッファ層3を再成長させることも可能である。

【0032】基板1としては、サファイア基板、SiC基板、及びSi基板など一般に窒化物半導体用基板として用いられる基板を使用することができる。

【0033】

【実施例】

(実施例)

基板としてc面サファイア基板を用い、これを反応管内に設置されたサセプタ上に載置した後、吸引固定した。Al供給原料としてTMAを用い、N供給原料としてアンモニアガスを用い、アンモニアガスからなるV族供給原料と、TMAからなるIII族供給原料との比(V/III比)が450、圧力が15 Torrとなるようにして前記反応管内に導入するとともに、前記基板上に供給した。このとき前記基板を1150℃まで加熱して厚さ1 μmのAlN下地層を形成した。

【0034】このAlN下地層の結晶性をX線ロッキングカーブで評価したところ、半値幅が90秒以下であり、結晶性に優れた高品質な膜であることが判明した。

【0035】その後、反応圧力を大気圧とし、前記基板の温度を600℃にするとともに、前記TMA及び前記アンモニアガスに加えて、TMGを(V/III比)が、3000となるようにして前記反応管内に導入するとともに、前記基板上に供給して、厚さ0.02 μmのGaNバッファ層を形成した。

【0036】その後、基板を1050℃に加熱し、TMGとアンモニアガスとを(V/III比)が3000となるようにして前記基板上に供給し、GaN半導体膜を厚さ2 μmに形成した。

【0037】このGaN半導体膜の結晶性をX線ロッキングカーブで評価したところ、半値幅が150秒以下であり、結晶性に優れた高品質な膜であることが判

明した。したがって、本実施例によって得た半導体素子は、G a N系青色発光素子として好適に用いることができる。

【 0 0 3 8 】

(比較例)

A 1 N下地層を形成しない以外、上記実施例と同様にして半導体素子を作製した。このときのG a N半導体層の結晶性をX線ロッキングカーブによって測定したところ、半値幅は3 0 0秒であり、上記実施例によって形成したG a N半導体層と比較して著しく結晶性に劣ることが判明した。

【 0 0 3 9 】以上、具体例を挙げながら、発明の実施の形態に基づいて詳細に説明したが、本発明は上記発明の実施に形態に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない範囲であらゆる変更や変形が可能である。

【 0 0 4 0 】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、青色発光素子などとして好適に使用することのできる、結晶性に優れたG a系半導体層を有する半導体素子を簡易に提供することができる。

【図面の簡単な説明】

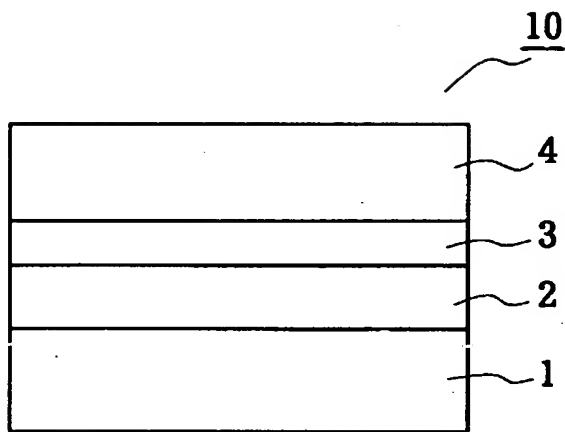
【図 1】 本発明の半導体発光素子の一例を示す断面図である。

【符号の説明】

1 基板、 2 下地層、 3 バッファ層、 4 半導体層、 1 0 半導体素子

【書類名】 図面

【図 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体発光素子などとして好適に使用することのできる、高い結晶性を有するGa系半導体層を具えた半導体素子を提供する。

【解決手段】 サファイア基板などから構成される基板1上に、X線ロックアップカーブにおける半値幅が90秒以下のAlN下地層2を形成する。次いで、AlN下地層2に、 $Al_pGa_qIn_{1-p-q}N$  ( $0 \leq p \leq 1$ ,  $0 < q \leq 1$ ) なる組成を有するバッファ層3を形成し、このバッファ層3上に、GaN半導体層4を形成する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004064]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

氏 名 日本碍子株式会社